BEITRÄGE ZUR KENNTNIS DES STAUROLITHS

MIT EINEM ANHANG ÜBER EINE WÜLFINGSCHE AUTOMATISCHE SCHLEIFMASCHINE

VON

FRIEDRICH HÖRNER

MIT EINER TAFEL

HEIDELBERG 1915 □ CARL WINTERS
UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG

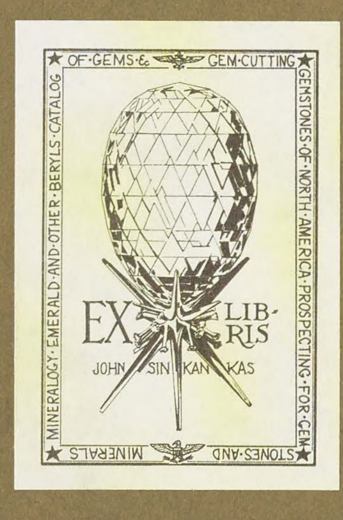
ÜBERREICHT VON

DR. FRIEDRICH HÖRNER

LEUTNANT D. RES. UND KOMPAGNIEFÜHRER IM RES.-INF.-REG. 239

HEIDELBERG

GAISBERGSTR. 18



Beiträge zur Kenntnis des Stauroliths

Mit einem Anhang über eine
WÜLFINGsche automatische Schleifmaschine

Mit einer Tafel

Inaugural-Dissertation

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

der

hohen naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät

der

Ruprecht-Karls-Universität zu Heidelberg

vorgelegt von

Friedrich Hörner
aus Malsch bei Wiesloch

HEIDELBERG 1915
Carl Winters Universitätsbuchhandlung

Herrn Professor Dr. E. A. Wülfing

in herzlicher Dankbarkeit und Verehrung

Inhaltsübersicht

Literaturverzeichnis

1. Blum, R., Mineralogische Notizen. Neues Jahrb. f. Min., 1837, 36—37.
2. Clerici, E., Preparazione di liquidi per la separazione dei minerali. Rend. R Accademia dei Lincei (Classe di scienze fisiche-matematiche e naturali), 1907, 187—195.
3. Descloizeaux, A., Manuel de minéralogie. Bd. I, 1862, 182—183.
4. Friedl, W., Beitrag zur chem. Kenntnis des Staurolith. Zeitschr. f. Kristallogr. 10, 1885, 366—373.
5. Hintze, C., Handbuch der Mineralogie. Bd. II, 1897, 417, 417 Anm., 423.
6. Johnsen, A., Über einige durch ungewöhnliche Achsenwinkel ausgezeichnete Glimmer. I. Paragonit vom St. Gotthard. Zentralbl. f. Min. usw., 1908, 618—619.
7. Kenngott, A., Die Minerale der Schweiz. 1866, 136—137.
8. Killig, F., Das Korund- und Paragonitvorkommen am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen. Inaug.-Dissert. Greifswald 1912, 34.
9. Königsberger, J., Über einen Apparat zur Erkennung und Messung optischer Anisotropie undurchsichtiger Substanzen und deren Verwendung. Zentralbl. f. Min. usw., 1908, 570—573.
10. Manasse, E., Contribuzioni allo studio petrografico della Colonia Eritrea. Siena 1909, 23.
11. Michel-Lévy, A. und Lacroix, A., Les minéraux des roches. Paris 1888, 284.
12. Phillips, W., Mineralogy. New Edition by Brooke and Miller. 1852, 282—283.
13. Reiner, P., Beiträge zur Kenntnis der Turmalingruppe. Inaug.-Dissert. Heidelberg 1912. Verh. naturh.-med. Ver. Heidelberg. N. F. Bd. 12, 1913, 301—305.
14. Tschermak, G., Lehrbuch der Mineralogie. 6. Aufl. 1905, 546.
15. Wülfing, E. A., Über einige kristallographische Konstanten des Turmalins. Programm d. Kgl. landwirtsch. Akad. Hohenheim. 1900, 57.

Einleitung

Die bekannte Durchsetzung vieler Staurolithe mit fremdartigen Mineralien hat ihre genauere Untersuchung oft erschwert oder unmöglich gemacht. Bei der mir gestellten Aufgabe war es daher zuerst erforderlich, das mir zur Verfügung stehende Material auf seine Reinheit zu prüfen. Die Stufen erhielt ich größtenteils durch die freundliche Vermittlung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. Wülfing, von der Heidelberger Akademie der Wissenschaften (Stiftung Heinrich Lanz). Sie wurden von der Mineralienhandlung Dr. F. Krantz in Bonn und von dem Heidelberger Mineralienkontor (Inh. F. Rodrian, früher D. Blatz) bezogen. Einige entstammen auch der Sammlung des hiesigen Mineralogisch-petrographischen Instituts. Es handelt sich um Staurolithe von folgenden 8 Fundorten:

1. St. Gotthard,
2. Petersdorf in Mähren,
3. Aschaffenburg,
4. Quimper, Bretagne,
5. Varglefjeld, Norwegen,
6. Fannin County, Georgia, U. S. A.,
7. Alpe Veglia am Simplon, Gemeinde Varzo,
8. Kundrawinscher See, Kosakengebiet bei Miask, Ural.

Mikroskopisches Verhalten.

1. Staurolith vom St. Gotthard.

Die Handstücke mit Staurolith vom St. Gotthard tragen verschiedene genauere Fundortsbezeichnungen wie

Pizzo Forno, Tessin, Schweiz,
Pizzo Forno bei Faido, Tessin,
„Airolo“, Piora-Alp, Tessin,
St. Gotthard, Schweiz,
Campo longo (richtiger Campolungo), Tessin, Schweiz,

und mögen wohl auch tatsächlich von verschiedenen Fundorten am Südabhang des St. Gotthards stammen, zeigen aber in ihrem mikroskopischen und makroskopischen Verhalten eine solche Ähnlichkeit, daß sie alle dem gleichen Vorkommen angehören müssen, zu dem auch die Staurolithe von der Alpe Sponda, von Chironico und Giornico, sowie von Monte Campione zu rechnen wären. Es ist das bekannte Vorkommen, bei welchem der Staurolith von Cyanit begleitet im weißen Paragonitschiefer auftritt. Die Kristalle sind besonders in den kleineren und kleinsten nur wenige Millimeter großen Kristallen sehr rein und werden auf jeden Fall in dieser Eigenschaft von keinem anderen Material ihrer Art erreicht.

Die Verwachsung des Stauroliths mit Cyanit zeigt sich bei meinen Stufen sehr häufig. Sie ist die bekannte, bei der der Staurolith mit seiner Längsfläche (010) der Querfläche des Disthens (100) parallel liegt und wo die Zonen (100) : (010) beider Individuen zusammenfallen. Oft erscheint infolge dieser Verwachsung die rhombische Säule des Stauroliths durch die eingewachsene Cyanitlamelle geteilt; auch liegt gar nicht selten der Cyanit in ganz dünnen, erst durch einen Querschnitt oder im Dünnschliff erkennbaren Lamellen vollständig in der angegebenen Orientierung eingebettet im Staurolith, während der umgekehrte Fall, den Kenngott erwähnt (7), von mir nicht beobachtet wurde.

Der Glimmer, der den größten Teil der Handstücke ausmacht, besteht in der Hauptsache aus einer feinschuppigen, reinweißen

bis gelblichweißen Masse, die stellenweise kleinere Quarzpartien umschließt. Dieser Glimmer erscheint unter dem Mikroskop in dünnen farblosen Blättchen von unbestimmten Umrissen. Fast alle zeigen sich im Konoskop zweiachsig wie Muskovit ($2E = $ ca. 70^0), und an nur ganz vereinzelten übrigens ebenfalls farblosen Blättchen kann man vollkommene Einachsigkeit beobachten. Eine im Laboratorium des Herrn Dr. Buchner, hier, ausgeführte Alkalienbestimmung ergab für diesen Glimmer

K_2O	3.24 %
Na_2O	5.38 %.

Es handelt sich also bei diesem in optischer Beziehung dem Muskovit so nahe stehenden Glimmer um einen Natronglimmer, wie dies auch schon F. Killig (8) nachgewiesen hat. Die Frage nach der Natur der farblosen einachsigen Glimmerblättchen muß hier unerörtert bleiben, schon weil hiervon nur ganz vereinzelte Individuen beobachtet wurden.

Von dem feinschuppigen Paragonitglimmer läßt sich ein anderer gleichfalls farbloser Glimmer deutlich unterscheiden, der aber ebenfalls einen Achsenwinkel von $2E = 70^0$ besitzt. Dieser zweite helle Glimmer tritt in Form größerer und gewöhnlich dickerer etwas grünlich erscheinender Blättchen auf. Er ist etwas spröde und bereitet der Herstellung von Schlagfiguren einige Schwierigkeiten, indessen konnten solche doch in charakteristischer Form erhalten werden. An dem gleichen Material ließen sich auch deutliche Druckfiguren erzeugen. Ein Blättchen zeigte Druckfigur und Schlagfigur nebeneinander. Der Glimmer ist I. Art und möglicherweise mit dem feinschuppigen zweiachsigen Natronglimmer identisch.

Die Handstücke enthalten schließlich noch einen dunkelbraun bis schwarz gefärbten Glimmer, der leichter als der zuvor besprochene Glimmer Schlagfiguren erzeugen ließ. Er ist entschieden optisch einachsig und zeigt im konvergenten Licht bei Drehung des Tisches keinerlei Öffnung des schwarzen Kreuzes. Er dürfte aus diesem Grunde auch nicht etwa mit dem von A. Johnsen (6) untersuchten braunen Glimmer im Paragonitschiefer vom St. Gotthard zu identifizieren sein, da dieser als schwach aber deutlich zweiachsig angegeben wird. Aggregate dieser Glimmerart verursachten die dunkle oft fast schwarze Färbung einzelner sich vom Para-

gonit recht scharf abhebender Partien der Handstücke. Der braune großblättrig aber auch kleinschuppig auftretende Glimmer findet sich, im Gegensatz zu den größeren Blättchen des zweiachsigen Glimmers, nie in einzelnen Blättchen vom Paragonit umschlossen, doch zeigen sich beide großblättrige Glimmerarten sehr häufig miteinander zu dunkelweißen Partien gemengt. Oft trifft man auch den weißen Glimmer auf großblättrigen Schichten des braunen aufgewachsen oder aufgelagert. Vereinzelt zeigten sich in dem braunen Glimmermaterial schwarze bis zu 1 cm große Turmaline versteckt mit matt ausgebildeten Flächen, während in der feinschuppigen Paragonitmasse nie Turmaline zu finden waren, ähnlich wie dies für den braunen Glimmer selbst zutrifft.

Der Staurolith kommt in Teilen vor, in denen nur der Paragonit sich findet, ist aber auch in dem dunkelbraunen Glimmer eingebettet.

2. Staurolith von Petersdorf in Mähren.

Die relative Reinheit des Staurolithmaterials von diesem Fundort ist schon von W. Friedl (4) hervorgehoben worden. In der Tat habe ich auch an meinem Material nur die bekannten Einschlüsse von Eisenerz erkannt, bei dem ich auch einen Titangehalt nachweisen konnte. Die Kristalle zeigen gelegentlich Zwillingsbildung nach (232). Im Dünnschliff sieht man die dunkeln bald haar- oder nadelförmigen, bald prismatischen Einschlüsse mitunter gebogen, geknickt oder zerrissen und scheinbar fluidal angeordnet, wie dies dem dynamometamorphen Glimmerschiefer entspricht. Auch treten diese Erzeinschlüsse in größeren rundlichen oder unregelmäßig begrenzten Fetzen auf und sind als solche im Dünnschliff schon mit dem bloßen Auge wahrzunehmen. Zuweilen sind diese dunkeln Massen in breiten Streifen mit der Staurolithsubstanz verfilzt. Dieselben Erze scheinen in dem größtenteils aus Quarz und gelblich gefärbtem Glimmer bestehenden Einbettungsmaterial aufzutreten. Die Staurolithsubstanz zeigt bemerkenswert deutlich keinerlei dynamometamorphe Beeinflussung. Die gewundenen und sonst gestörten „Ströme“ von Eisenerzeinschlüssen sind also eine Anordnung, die vor der Existenz der Staurolithmasse im Gestein vorhanden war. Die Entstehung des Stauroliths auf dynamometamorphem Wege läßt sich hier sehr deutlich demonstrieren.

3. Staurolith von Aschaffenburg.

Die von hier stammenden Kristalle sind mehrere Zentimeter groß und zeigen meist neben stark entwickelten Prismen noch schmale Längsflächen; sie fallen durch ihre sehr dunkle Farbe und glänzende aber nicht besonders regelmäßig gebildete Oberfläche auf. Einlagerungen nach der Basis sind schon an einer horizontalen Streifung der Prismenflächen zu erkennen. Unregelmäßige Sprünge waren neben regelrechten Spaltrissen nicht selten. Unter den mikroskopisch und z. T. auch makroskopisch erkennbaren Einschlüssen bildet der Quarz auch hier wieder die Hauptmasse. Daneben tritt heller und dunkler Glimmer, Granat in wohlausgebildeten Kriställchen, und Magneteisen auf. In den schön durchsichtigen Granatkriställchen sieht man zuweilen wieder Quarz- und Erzeinschlüsse. Trotz der Mannigfaltigkeit und auch der Zahl der Einlagerungen findet sich doch die Staurolithsubstanz in reineren Partien als man dies nach der äußeren Erscheinung der Kristalle erwarten sollte. Freilich war es außerordentlich schwer, von diesem Material genügend dünne und zusammenhängende Dünnschliffe herzustellen, da die meisten Präparate zu zersplittern anfingen, sobald sie nur eben durchsichtig wurden.

4. bis 8. Staurolith von Quimper, Varglefjeld, Fannin Co., Alpe Veglia und Kundrawin.

Ganz besonders innig von Quarz durchwachsen sind die Staurolithe von Quimper und Varglefjeld, die auch in der rauhen Beschaffenheit ihrer Oberfläche gewisse Ähnlichkeiten aufweisen. Das bekannte Bretagner Vorkommen von Quimper zeigt Zwillinge nach den beiden verbreitetsten Gesetzen, also nach (032) und (232); an dem von Varglefjeld beobachtete ich nur solche nach (232). Meistens ist der Quarz sehr gleichmäßig in der Kristallsubstanz ausgebreitet, und reine Stellen habe ich so wenige entdecken können, daß an eine Isolierung dieses Staurolithmaterials nicht zu denken war.

Die dick tafelförmig nach der Längsfläche (010) ausgebildeten und nach (232) verzwillingten Kristalle von Fannin Co. sind äußerlich etwas exakter entwickelt, werden aber auch von Quarzkörnern so reichlich durchsetzt, daß eine Isolierung dieses Stauroliths unmöglich ist. Von anderen eingeschlossenen Mineralien ist titanhaltiges Eisenerz etwas reichlicher vertreten. Die Kristalle von der Alpe Veglia, die mir von Herrn Dr. Lincio aus Turin in

liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurden, zeigen äußerlich eine recht mangelhafte kristallographische Entwicklung, sind aber von Quarz weniger innig durchwachsen. Bei sehr reichlichem Material wäre es vielleicht nicht ausgeschlossen gewesen, von diesem Vorkommen reine Staurolithmaterie zu isolieren. Die vorliegenden Kristalle sind 3 cm lang, ½ cm dick und zeigen in der Prismenzone Prisma und Längsflächenpaar ungefähr gleich stark ausgebildet. Zwillinge nach (232) wurden beobachtet. Die Kristalle erscheinen dunkler als die vom St. Gotthard, was z. T. auf Einschlüssen von Eisenerzen beruht.

Am allerstärksten verunreinigt, sowohl durch Quarzkörner wie durch z. T. staubartig entwickelte opake Einschlüsse, sind die Staurolithe in dem Staurolithschiefer des Kundrawinschen Sees bei Miask. Im auffallenden Licht sind sie fast schwarz, erst im Dünnschliff zeigen sie an den reineren Stellen die Staurolithfarbe. Zwillinge nach (232) waren zu erkennen. Flächenreflexe konnten nur auf (010) wahrgenommen werden. Zu meinen Untersuchungen eignen sich auch diese russischen Staurolithe so wenig wie die andern zuletzt erwähnten 4 Vorkommen; hierfür sind nur die Kristalle vom St. Gotthard, von Petersdorf und Aschaffenburg in Betracht zu ziehen. Und von diesen erlaubt nur der erstere eine genaue morphologische Behandlung, deren Beschreibung ich nun zunächst folgen lasse.

Morphologische Untersuchung des Stauroliths vom St. Gotthard.

Die Ermittlung der morphologischen Konstanten des Stauroliths ist infolge der mangelhaften Ausbildung der meisten Kristalle mit Schwierigkeiten verbunden, wie dies auch schon von vielen Autoren hervorgehoben wurde. Die in der Literatur vorhandenen einigermaßen brauchbaren Winkelangaben beruhen auf nur ganz wenigen sehr alten Messungen. Als morphologisch am besten ausgebildet gelten allgemein die Kristalle vom St. Gotthard, und meine Messungen wurden auch ausschließlich an diesem Material angestellt, das ich drei großen Handstücken entnahm. Die bis zu 4 cm langen und bis zu ¾ cm dicken meist aber viel kleineren Staurolithe zeigen fast ausschließlich Prisma {110}, Endflächenpaar {001}, Längsflächenpaar {010} und Querbidoma {101}. Zuweilen ist das Prisma mit dem Querbidoma besonders stark aus-

gebildet, wodurch die Kristalle, in der Richtung der a-Achse betrachtet, einen Typus erhalten, der einigermaßen an die „Briefkuvertsform“ der Titanite erinnert. Andere Flächen wie die eben erwähnten wurden nicht beobachtet. Auch ließ sich an diesen Handstücken von den so charakteristischen und sonst so verbreiteten Zwillingsbildungen nur in ganz vereinzelten Fällen die nach (232) wahrnehmen. Einige Kristalle zeigten treppenartige lamellare Aufwachsungen auf (010). Ein Typus frei von der Basis {001}, also die Kombination {010} {110}, {101}, wurde ebenfalls nicht selten beobachtet; es ist, wie R. Blum (1) sich ausdrückt, „die Entscharfseitung der geraden rhombischen Säule, verbunden mit der Entstumpfeckung, welche aber so weit vorgeschritten ist, daß die Endflächen verschwunden sind.“ Dieser Typus des Stauroliths war hier nicht so ungewöhnlich, wie er bei Hintze (5) angegeben wird, und jedenfalls häufiger anzutreffen, als das Querflächenpaar {100}, das auch von Hintze als äußerst selten erwähnt wird und bei diesem Vorkommen nirgends zu beobachten war. Längsflächen und Prismenflächen lieferten die relativ besten Reflexe. Querdomenflächen waren schon schlechter ausgebildet, und von der Basis war an keinem der vielen hundert untersuchten Kristalle ein brauchbarer Reflex wahrzunehmen. Die Spaltbilder bei der goniometrischen Behandlung verbesserten sich meistens, je kleiner die untersuchten Kristalle waren, oder konnten auch nach Abblendung mancher unregelmäßiger Flächenstücke schärfer erhalten werden. Indessen blieb hier, um zu sicheren morphologischen Daten zu gelangen, schließlich nur die mühsame Methode der Häufung der Beobachtungen übrig.

Der Staurolith gehört zur bipyramidalen Klasse des rhombischen Systems, also nach der älteren Bezeichnung zur rhombischen Holoëdrie, wenigstens konnte ich keinerlei Beobachtung machen, die hiergegen gesprochen hätte. Versuche zur Herstellung von Ätzfiguren führten zu keinem deutlichen Resultat. Es stellte sich dabei heraus, daß der Staurolith von Campolungo durch heiße konzentrierte Schwefelsäure und auch durch die Schmelze von saurem schwefelsaurem Kali bei 3 Minuten langer Einwirkung überhaupt nicht angegriffen wurde. Dagegen erzeugte eine Schmelze von Natriumkarbonat schon nach kurzer Zeit sehr dicht gedrängte horizontale Furchen auf den Prismenflächen, und geschmolzenes Ätzkali hatte einen noch intensiveren Eingriff zur Folge.

Von vielen hundert Kristallen, die wenn auch zunächst keine

guten Reflexe, so doch immerhin eine ganz deutliche kristallographische Ausbildung erkennen ließen, wurden 30 einer genaueren goniometrischen Behandlung unterworfen, und von den vielen Messungen nur diejenigen zu kritischen Mittelwerten vereinigt, die sich auf einigermaßen gute Reflexe zurückführen ließen. Die auf diese Weise schließlich an 23 Kriställchen von etwa 1 bis 5 mm Größe erhaltenen Werte sind in Tabelle I angegeben; n bedeutet darin die Anzahl der Kanten, an denen gemessen wurde.

TABELLE I.

Staurolith vom St. Gotthard.

Kristall Nr.	$(110):(1\bar{1}0)$	n	$(110):(010)$	n	$(101):(\bar{1}01)$	n	$(101):(110)$	n
1	50° 40′ ± 1′	2	64° 40′ ± 4′	4	110° 35′	1	42° 0′	1
2	41 1	2	39 2	4				
3			38 1	2				
4	39 1	2	40 2	4	20	1	0	1
5	38 2	2	41 1	4	24	1		
6	40 1	2	40 3	4				
7	40 3	2	40 4	4			3	1
8			40 2	4				
9	40 2	2	40 0	4	23	1	3	1
10	40 0	2	40 3	4				
11	39 1	2	39 4	3				
12			40 0	1				
13					34	1		
14					26	1	8	1
15					26	1	0	1
16					36	1		
17					31	1		
18					16	1		
19					30	1	8	1
20					36	2		
21							7	1
22					29	1	0	1
23							3	1
Mittelwerte	50° 40′ ± 1′	18	64° 40′ ± 2′	42	110° 28′ ± 12′	14	42° 3′ ± 5′	10

Die Mittelwerte dieser an 84 Kanten beobachteten Einzelwinkel, wie sie in Tabelle I mit ihren Fehlergrenzen angegeben sind, stehen untereinander in viel besserem Einklang, als man nach den z. T. nicht unerheblichen Fehlergrenzen annehmen sollte. Es wurde nämlich

	beobachtet	berechnet
m : m = 110 : 1$\bar{1}$0	50° 40′ ± 1′	50° 40.0′
m : b = 110 : 010	64° 40′ ± 2′	64° 40.0′
r : r = 101 : $\bar{1}$01	110° 28′ ± 12′	110° 28.0′
r : m = 101 : 110	42° 3′ ± 5′	42° 3.4′.

Hieraus ergibt sich das Achsenverhältnis des Stauroliths von Pizzo Forno zu

a : b : c = 0.4734 : 1 : 0.6820 (Hörner).

Die Fehlergrenze für den Wert der a-Achse ist hier sicherlich nicht größer als ±0.0004; aber auch für den c-Achsenwert wird man keine wesentlich größere Grenze anzunehmen brauchen, da die Mittelwerte der vier oben angegebenen beobachteten Winkel so ausgezeichnet ineinandergreifen und nur in dem vierten Winkel um 0.6′ vom berechneten Wert abweichen.

Die Kohäsionsverhältnisse des Stauroliths[1].

Als beste Spaltfläche wird für den Staurolith (010) angegeben, die auch nicht selten an den von mir gemessenen Kristallen beobachtet werden konnte. Dagegen traten die Spaltflächen nach {110} sehr zurück. Die von Tschermak (14) angegebene Spaltbarkeit nach der Querfläche konnte in einem Falle beobachtet werden. Ich fand nämlich in einem Haufwerk von vielen hundert Kristallen zwei etwa 3 mm große Stückchen, die genau aufeinander paßten und eine etwas muschelige, im übrigen aber doch deutlich ausgebildete Spaltfläche nach (100) trugen. Auffallenderweise gibt aber Tschermak in seinem Lehrbuch die beste Spaltbarkeit nach (010) nicht an; vermutlich liegt auch hier eine Verwechslung der Spaltbarkeit nach a = (100) mit der nach b = (010) vor. Es darf ferner nicht unerwähnt bleiben, daß parallel zur c-Achse jedenfalls auch eine Art von Kohäsionsminimum vorhanden ist, weil Risse und Sprünge parallel zu (001) fast überall bei einigermaßen großen und prismatisch entwickelten Kristallen zu beobachten sind. Solche Absonderungen nach der Basis waren bei diesen Formen vom St. Gotthard nicht auf die Einlagerung von Glimmer zurückzuführen, wie das etwa bei dem Vorkommen von Petersdorf in Mähren zutreffen mag, denn auch ganz kleine und

[1] Über chemische Angreifbarkeit s. S. 13.

reine Individuen zeigten diese Neigung, annähernd nach der Basis zu zerbrechen, gar häufig, wenn auch bei anderen gelegentliche Einlagerungen von farblosem Glimmer nach (001) zu erkennen waren.

Zum Zweck einer etwas genaueren Untersuchung der Kohäsionsverhältnisse wurden von dem Material Dünnschliffe nach den Pinakoiden hergestellt. Hierbei konnte unter dem Mikroskop vor allem wieder die Fläche (010) als Spaltfläche bestätigt werden, die sich auch als solche bei der Herstellung von Achsenpräparaten unangenehm bemerkbar machte. Auch makroskopische Spaltversuche führten zu einem recht guten Resultat. Sie wurden mit Hilfe eines unter einem stumpfen Winkel zugeschärften Eisenmeißels ausgeführt, wobei durch leichtes Aufschlagen mit einem kleinen Hammer Spaltflächen entstanden. Dabei mußte nur beachtet werden, daß die hierzu verwendeten Kristalle nicht auf eine zu harte Unterlage aufgesetzt wurden. Auf diese Weise gelang es, nicht nur die Spaltflächen nach (010) und (110), sondern auch nach (100) deutlich hervorzurufen. An den Staurolithen anderer Vorkommen, insbesondere an denen von Quimper, Varglefjeld und Kundrawin, ist die Spaltbarkeit zuweilen sehr schlecht oder gar nicht zu beobachten, da hier die massenhaften Einschlüsse besonders von Quarz stören und nicht viele im Dünnschliff durchgehende Risse entstehen lassen.

Optische Untersuchungen.

Pleochroismus und bisherige optische Bestimmungen.

Bei allen mikroskopisch untersuchten Staurolithen war der Pleochroismus, außer in Schliffen parallel (001), deutlich wahrzunehmen, wie dies neuerdings auch wieder Manasse (10) an den Staurolithen von Mai Fallaca beobachtet hat.

Ich fand für den etwas stärker absorbierenden Aschaffenburger Staurolith:

$a = \mathfrak{b}$, $b = \mathfrak{a}$ } gelblich bis hell-bräunlichgelb,

$c = \mathfrak{c}$ gelb-braun mit Stich ins Rötliche,

und für alle übrigen Staurolithe:

$a = \mathfrak{b}$, $b = \mathfrak{a}$ } weingelb,

$c = \mathfrak{c}$ rötlich gelb.

Für die Absorption gilt also immer

$$\mathfrak{a} = \mathfrak{b} < \mathfrak{c}.$$

Während qualitative optische Angaben über den Staurolith in der Literatur nicht gerade spärlich sind, finden sich hier quantitative Bestimmungen nur in äußerst geringer Zahl verzeichnet. Was hier bekannt wurde, bezieht sich alles auf das Vorkommen vom St. Gotthard und läßt sich in der folgenden kleinen Tabelle vereinigen. Miller (12) und Descloizeaux (3) haben bei ihren Bestimmungen rotes Licht angewandt, was vielleicht auch von Michel-Lévy und Lacroix (11) geschah; nähere Angaben fehlen.

TABELLE II.

	α	β	γ	2 V	
Miller . . .		1.7526		85°	
Descloizeaux		1.749		88° 21′ bis 89° 17′	schwache Dispersion, in Öl $\rho > v$
Michel-Lévy u. Lacroix	1.736	1.741	1.746	88°	

Die Doppelbrechung ist also gering und die Ebene der optischen Achsen liegt in der Querfläche; die spitze Bisektrix ist die c-Achse; das Mineral ist optisch positiv.

Methodisches.

Meine Bestimmungen der Lichtbrechung am Staurolith habe ich an Prismen und nach der Methode der Minimalablenkung ausgeführt. Die orientierten Präparate wurden mit dem bekannten Wülfingschen Schleifapparat und einer im Anhang näher beschriebenen automatisch arbeitenden Wülfingschen Schleifmaschine angefertigt. Die brechende Kante der Prismen lief bei diesen Präparaten der c-Achse parallel und die Symmetrieebene dieser Prismen lag entweder parallel zur Quer- oder zur Längsfläche. Eine fehlerhafte Orientierung hielt sich fast in allen Fällen innerhalb einer Fehlergrenze von ± 10 Bogenminuten; größere Abweichungen kamen selten vor, überschritten aber nie den Betrag von 30 Bogenminuten. Die Prismen erwiesen sich demnach in

der Orientierung auf Grund der Reinerschen Überlegungen (13) als einwandsfrei. Eine größere wenn auch nicht erforderliche Genauigkeit in der Orientierung wäre zudem bei manchen Kristallen wegen der schlechten Ausbildung ihrer Flächenreflexe nicht durchführbar gewesen. Bei der Herstellung des optischen Materials wurde sonst noch besonders auf Reinheit der verwendeten Kristalle und auf Scharfkantigkeit der zu erhaltenden Prismen geachtet. Dennoch war bei allen angefertigten Prismen die Absorption namentlich der γ-Wellennormale so stark, daß von künstlichen Lichtquellen für die Erreichung einigermaßen sicherer Resultate nur Natriumlicht in Frage kam, und Lithiumlicht infolge seiner geringen Intensität die Messung schon äußerst schwierig und unsicher oder unmöglich machte. Es wurden daher alle Messungen mit dem lichtstarken Wülfingschen Monochromator in Verbindung mit dem Websky-Fuessschen Goniometer mit Sonnenlicht ausgeführt. Die Voruntersuchung der hergestellten Prismen geschah mit Natriumlicht. Die auf diese Weise erhaltenen Brechungsexponenten stimmen mit Abweichungen von höchstens ± 2 Einheiten der vierten Dezimale mit den am Monochromator gefundenen und in den folgenden Tabellen verzeichneten Werten der Exponenten für die D-Linie überein. Die angewandten Fraunhoferschen Linien sind folgende:

$$
\begin{aligned}
B &= 687.0\ \mu\mu \\
C &= 656.3\ \mu\mu \\
D &= 589.3\ \mu\mu \\
E &= 527.0\ \mu\mu \\
F &= 486.1\ \mu\mu \\
G &= 430.8\ \mu\mu.
\end{aligned}
$$

Messungen außerhalb dieses Intervalles waren durch die Absorption sehr erschwert und deshalb unsicher. Bei den tatsächlich durchgeführten und in dieser Arbeit mitgeteilten Bestimmungen ergaben sich für die doppelte Minimalablenkung Schwankungen von nur ± 0.6 Bogenminuten. Das Maß der brechenden Winkel liegt für alle Prismen innerhalb der Grenze von ± 0.2 Minuten. Sämtliche Messungen wurden mindestens dreimal wiederholt.

Die Messung der Achsenwinkel geschah teils über der spitzen, teils über der stumpfen Bisektrix, also an Platten entweder parallel zur Basis (001), oder zur Längsfläche (010). Sie erfolgte in Mandelöl, dessen Brechungsexponent bei 23° folgendermaßen bestimmt wurde:

	n
B	1.4719
C	1.4726
D	1.4749
E	1.4784
F	1.4818
G	1.4881.

Die Achsenwinkelbestimmung am Staurolith bietet insofern einige Schwierigkeiten, als die starke Absorption recht dünne Präparate verlangt, während die geringe Doppelbrechung umgekehrt recht dicke Präparate erfordert.

Bei allen drei Staurolithen und bei allen drei Brechungsexponenten fand mit abnehmender Wellenlänge stärkere Absorption statt. Der Unterschied der Absorptionen zwischen den drei Strahlen war im roten Teil des Spektrums, also für die B-Linie, so gut wie nicht vorhanden; jedenfalls zeigten die Webskyschen Spaltbilder für diese Linie keine auffallenden Unterschiede der Intensität. Mit abnehmender Wellenlänge des angewandten Lichtes stieg aber die Absorption für die γ-Strahlen ganz erheblich, sodaß mitunter im violetten Teil des Spektrums das lichtstärkere α- oder β-Bild mit einem Nicol abgeblendet werden mußte, um überhaupt noch auf das γ-Bild einstellen zu können. Diese Erscheinung war bei allen untersuchten Staurolithen zu beobachten, wenn auch die Stärke der Absorption absolut genommen für die einzelnen Vorkommen variiert. In rotem Licht sind also alle drei Staurolithe so gut wie nicht pleochroitisch.

Staurolith vom St. Gotthard.

Aus dem Material vom St. Gotthard mit zum Teil genaueren Fundortsangaben wurden im ganzen 9 Prismen und 3 Achsenpräparate hergestellt. Die Prismen 1 bis 6 entstammen kleinen und möglichst reinen Kristallen; die Prismen 7 bis 9 waren größeren von Paragoniteinschlüssen nicht freien Kristallen entnommen. Man erkennt aus den gefundenen Werten, daß nur das Prisma 9 etwas stärker aus der Reihe der übrigen herausfällt und aus einem etwas höher lichtbrechenden Staurolith besteht. Ich vereinige daher nur die Werte der 8 Prismen zu Mittelwerten und lasse die Werte an Prisma 9 für sich bestehen. Es sei noch bemerkt, daß Prisma 1 in seinem brechenden Winkel durch Zufall mit dem Pris-

TABELLE III. **Staurolith vom St. Gotthard.**

Prisma		St. Gotthard 1	St. Gotthard 2	St. Gotthard 3	Pizzo Forno 4	Pizzo Forno 5	„Airolo“, Piora-Alp 6	St. Gotthard 7	St. Gotthard 8	St. Gotthard 9
Brechender Winkel		51° 48.5′	51° 48.4′	45° 10.6′	36° 48.4′	46° 28.6′	44° 10.2′	57° 48.8′	45° 27.8′	43° 29.5′
		Doppelte Minimalablenkung								
α	B	93° 23.7′	93° 26.5′							73° 6.2′
	C	93° 36.8′	93° 39.2′							73° 16.0′
	D	94° 8.9′	94° 11.4′							73° 40.9′
	E	94° 51.0′	94° 52.6′							74° 13.3′
	F	95° 28.9′	95° 28.0′							74° 40.4′
	G	96° 35.7′	96° 35.6′							75° 29.8′
β	B			77° 19.6′	59° 34.8′	80° 28.1′	75° 4.6′	113° 27.7′	78° 8.9′	
	C			77° 30.8′	59° 42.5′	80° 39.3′	75° 13.5′	113° 48.2′	78° 18.6′	
	D			77° 55.7′	60° 2.8′	81° 6.7′	75° 39.2′	114° 35.0′	78° 45.3′	
	E			78° 29.1′	60° 27.7′	81° 41.9′	76° 11.6′	115° 36.1′	79° 19.7′	
	F			78° 57.7′	60° 49.3′	82° 11.8′	76° 39.2′	116° 24.5′	79° 48.6′	
	G			79° 52.6′	61° 29.6′	83° 8.3′	77° 31.1′	118° 0.2′	80° 44.7′	
γ	B	95° 6.2′	95° 8.9′	77° 59.0′	60° 2.8′	81° 9.6′	75° 43.5′	114° 38.3′	78° 48.5′	74° 21.2′
	C	95° 21.4′	95° 24.0′	78° 11.6′	60° 11.3′	81° 21.1′	75° 52.1′	114° 58.9′	79° 1.0′	74° 32.0′
	D	95° 55.8′	95° 58.9′	78° 37.7′	60° 33.8′	81° 51.0′	76° 19.6′	115° 49.8′	79° 28.3′	74° 59.6′
	E	96° 41.9′	96° 43.0′	79° 14.5′	61° 0.7′	82° 29.2′	76° 55.8′	116° 56.7′	80° 6.6′	75° 35.4′
	F	97° 23.1′	97° 22.4′	79° 45.5′	61° 24.9′	83° 3.1′	77° 25.9′	117° 52.9′	80° 40.7′	76° 5.0′
	G	98° 37.4′	98° 36.3′	80° 40.2′	62° 7.8′	—	78° 17.4′	—	—	76° 59.0′

ma 2 fast übereinstimmt, daß aber beide Prismen verschiedenen Kristallen entstammen und nicht etwa das eine ein Bruchstück des andern darstellt. Trotz sorgfältiger Auswahl des Prismenmaterials traten zuweilen auch bei den reinsten Präparaten vom St. Gotthard im durchfallenden Licht doppelte Bilder auf, die indessen so nahe beieinander lagen, daß sie das Messungsresultat nicht wesentlich beeinflußten. Bei den aus großen von Paragoniteinschlüssen nicht freien Kristallen hergestellten Prismen waren die Bilder der durchgehenden Strahlen etwas verschwommen. Vielleicht hängt hiermit doch schließlich die Abweichung des Prismas 9 zusammen. Die an St. Gotthardter Staurolithprismen gemessenen Winkel zeigt Tabelle III; die daraus berechneten Brechungsexponenten stehen in Tabelle IV.

TABELLE IV.

Staurolith vom St. Gotthard.

	Prisma	St. Gotthard 1	St. Gotthard 2	St. Gotthard 3	Pizzo Forno 4	Pizzo Forno 5	„Airolo“, Piora Alp 6	St. Gotthard 7	St. Gotthard 8	St. Gotthard 9	Mittelwerte aus 1 bis 8
		Brechungsexponenten									
α	B	1.7341	1.7346							1.7357	1.7344
	C	1.7356	1.7359							1.7372	1.7358
	D	1.7390	1.7394							1.7409	1.7392
	E	1.7436	1.7438							1.7458	1.7437
	F	1.7478	1.7476							1.7498	1.7477
	G	1.7548	1.7549							1.7572	1.7549
β	B			1.7394	1.7390	1.7400	1.7398	1.7404	1.7407		1.7399
	C			1.7409	1.7405	1.7415	1.7411	1.7420	1.7420		1.7413
	D			1.7444	1.7443	1.7452	1.7448	1.7458	1.7457		1.7450
	E			1.7491	1.7492	1.7498	1.7496	1.7507	1.7505		1.7498
	F			1.7532	1.7533	1.7538	1.7536	1.7546	1.7545		1.7538
	G			1.7608	1.7610	1.7613	1.7612	1.7622	1.7622		1.7615
γ	B	1.7452	1.7457	1.7449	1.7443	1.7455	1.7455	1.7461	1.7462	1.7470	1.7454
	C	1.7469	1.7472	1.7467	1.7461	1.7471	1.7468	1.7478	1.7479	1.7486	1.7471
	D	1.7505	1.7510	1.7504	1.7503	1.7510	1.7507	1.7518	1.7517	1.7527	1.7510
	E	1.7555	1.7557	1.7555	1.7555	1.7562	1.7560	1.7572	1.7570	1.7580	1.7561
	F	1.7599	1.7599	1.7598	1.7602	1.7606	1.7604	1.7616	1.7616	1.7624	1.7605
	G	1.7678	1.7678	1.7675	1.7684	—	1.7679	—	—	1.7704	1.7683

Die Achsenwinkelmessungen in Öl sind in Tabelle V vereinigt. Einzelmessungen von 2H weichen von den in dieser Tabelle angegebenen Mittelwerten um 3′ bis 10′ ab. Zur Umrechnung der Werte 2H in 2V dienten die in Tabelle IV angegebenen Mittelwerte von β und die auf S. 19 verzeichneten Brechungsexponenten des Mandelöls.

TABELLE V.

Staurolith vom St. Gotthard.

	Achsenwinkel 2H in Mandelöl			Achsenwinkel 2V über spitzer Bisektrix c — Berechnet aus 2H			Mittelwerte aus 10, 11, 12
	St. Gotthard	St. Gotthard	Pizzo Forno	St. Gotthard	St. Gotthard	Pizzo Forno	
Achsenpräparat	10 über c	11 über c	12 über a	10	11	12	
B	113° 27′			89° 55′			89° 44′
C	112° 31′			89° 19′			89° 8′
D	111° 24′	110° 48′	116° 0′	88° 34′	88° 10′	88° 25′	88° 23′
E	108° 58′			86° 56′			86° 45′
F	108° 13′			86° 26′			86° 15′
G	—			—			—

Staurolith von Petersdorf, Mähren.

Die Ausbildung der Kristalle dieses Vorkommens war zwar für morphologische Bestimmungen wenig geeignet, genügte jedoch völlig für die optische Orientierung. Die zahlreichen Einschlüsse der Petersdorfer Kristalle, die oben S. 10 erwähnt wurden, machten sich bei der Herstellung der Prismen insofern störend bemerkbar, als im durchfallenden monochromatischen Licht sehr häufig doppelte Reflexe eintraten. Erst an sehr kleinen und sorgfältig ausgesuchten Kristallen waren die Bilder scharf und einheitlich zu erhalten. Die Absorption ist hier für alle Strahlen schon größer, als an dem Vorkommen vom St. Gotthard. Die Messungsergebnisse sind in Tabelle VI enthalten; die im Vergleich zu dem Gottharder Material etwas höheren Brechungsexponenten sind ebenfalls in Tabelle VI zusammengestellt.

TABELLE VI.

Staurolith von Petersdorf, Mähren.

Prisma		13	14	15	13	14	15	Mittelwert aus 13—15
Brechender Winkel		59° 30.1′	41° 55.6′	50° 23.2′	Brechungsexponenten			
		Doppelte Minimalablenkung						
α	B	119° 24.3′	70° 2.5′		1.7382	1.7390		1.7386
	C	119° 43.6′	70° 11.1′		1.7396	1.7404		1.7400
	D	120° 32.4′	70° 33.1′		1.7432	1.7439		1.7436
	E	121° 37.6′	71° 2.6′		1.7480	1.7486		1.7483
	F	122° 33.2′	71° 27.0′		1.7521	1.7525		1.7523
	G	124° 17.9′	72° 13.8′		1.7596	1.7599		1.7598
β	B			91° 0.0′			1.7442	1.7442
	C			91° 13.4′			1.7458	1.7458
	D			91° 46.8′			1.7496	1.7496
	E			92° 28.9′			1.7544	1.7544
	F			93° 5.6′			1.7585	1.7585
	G			94° 13.4′			1.7662	1.7662
γ	B	122° 2.5′	71° 15.1′	91° 53.8′	1.7498	1.7506	1.7504	1.7503
	C	122° 24.3′	71° 24.0′	92° 7.2′	1.7514	1.7520	1.7519	1.7518
	D	123° 19.2′	71° 48.3′	92° 43.0′	1.7553	1.7558	1.7560	1.7557
	E	124° 32.5′	72° 18.8′	93° 30.5′	1.7606	1.7606	1.7614	1.7609
	F	125° 34.3′	72° 45.6′	94° 9.6′	1.7650	1.7648	1.7658	1.7652
	G	—	73° 35.3′	95° 20.0′	—	1.7727	1.7737	1.7731

Zur Achsenwinkelmessung diente ein Präparat (Nr. 16) senkrecht zur stumpfen Bisektrix, also parallel zur Längsfläche. Ich erhielt aus zahlreichen Messungen bei Na-Licht in Öl

$$2H_0 = 108^0\,42' \pm 8'.$$

Hieraus folgt für den wirklichen Achsenwinkel über der spitzen Bisektrix

$$2V = 86^0\,28'.$$

Staurolith von Aschaffenburg.

Die Herstellung der Prismen aus Staurolithen des Aschaffenburger Vorkommens war mit noch erheblich größeren Schwierig-

keiten als bei den Petersdorfer Kristallen verbunden. Standen schon für die Orientierung nur einige Flächen der Prismenzone, meist (110), (010) und ($\bar{1}$10) zur Verfügung, so kamen noch dazu die zahlreichen Einschlüsse und die starken Absorptionen des Materials sehr störend zur Wirkung. Auch hatte man damit zu kämpfen, daß die Einschlüsse in der Nähe der schon fast fertigen Prismenkante herausbrachen und so die Scharfkantigkeit vereitelten, die besonders bei diesem dunkeln Aschaffenburger Material erforderlich war, um auf die Bilder der Minimalablenkung scharf einstellen zu können. Die Ergebnisse der Messungen, wie sie nach manchen vergeblichen Versuchen endlich an zwei Prismen ausgeführt werden konnten, sowie die daraus berechneten Brechungsexponenten, sind in Tabelle VII zusammengestellt.

TABELLE VII.

Staurolith von Aschaffenburg.

	Prisma	17	18	17	18	Mittelwerte
	Brechender Winkel	50° 56.6′	47° 0.0′	Brechungsexponenten		
		Doppelte Minimalablenkung				
α	B		81° 55.1′		1.7414	1.7414
	C		82° 6.0′		1.7429	1.7429
	D		82° 35.5′		1.7468	1.7468
	E		83° 13.7′		1.7518	1.7518
	F		83° 47.1′		1.7561	1.7561
	G		84° 45.8′		1.7638	1.7638
β	B	93° 4.4′		1.7480		1.7480
	C	93° 19.2′		1.7496		1.7496
	D	93° 55.1′		1.7536		1.7536
	E	94° 37.3′		1.7583		1.7583
	F	95° 14.4′		1.7624		1.7624
	G	—		—		—
γ	B	94° 17.6′	83° 43.4′	1.7561	1.7557	1.7559
	C	94° 33.1′	83° 56.2′	1.7578	1.7573	1.7576
	D	95° 14.5′	84° 30.7′	1.7624	1.7618	1.7621
	E	95° 59.6′	85° 14.1′	1.7673	1.7674	1.7674
	F	—	—	—	—	—
	G	—	—	—	—	—

Der Achsenwinkel in Öl wurde bei Na-Licht an zwei Präparaten (Nr. 19 und 20) über der stumpfen und an einem dritten Präparat (Nr. 21) über der spitzen Bisektrix gemessen. Ich fand

$$2H_0 = 133^0 14' \pm 12',$$
$$2H_0 = 132^0 10' \pm 12',$$
$$2H_a = 99^0 37' \pm 6'.$$

Hieraus berechnet sich der wirkliche Achsenwinkel über der spitzen Bisektrix zu $2V = 78^0 56'$, $79^0 30'$, $79^0 54'$,

im Mittel zu $79^0 27'$.

Zusammenfassung der neuen optischen Bestimmungen.

Ausgleich der Werte von α, β, γ mit den Werten von 2 V.

Berechnet man für die drei Staurolithe von St. Gotthard, Petersdorf und Aschaffenburg die Achsenwinkel 2 V aus den in den Tabellen IV, VI und VII angegebenen Mittelwerten von α, β γ, so wird man in manchen Fällen Übereinstimmungen bis auf $0^0 20'$, in andern Fällen aber auch Abweichungen bis zu etwa 4^0 mit den gemessenen Werten finden. Das ist schließlich nichts Überraschendes, wenn man sich erinnert, daß der Achsenwinkel eine außerordentlich empfindliche Funktion der Brechungsexponenten ist. In unserm Fall ist diese Empfindlichkeit so groß, daß eine Änderung der Brechungsexponenten um nur eine Einheit der vierten Dezimale nicht weniger als 2 ganze Grade Änderung im Wert 2 V zur Folge haben kann. Eine Abweichung von 4^0 hält sich also durchaus innerhalb der üblichen fehlerhaften Bestimmung der Brechungsexponenten bis zu zwei Einheiten der vierten Dezimale.

Wenn man nun überlegt, daß die gemessenen Werte von 2 V sicherlich nicht um einen ganzen Grad falsch sind, daß aber die Mittelwerte der Brechungsexponenten sehr wohl um ein oder zwei Einheiten der vierten Dezimale fehlerhaft sein können, so ist man wohl ohne weiteres berechtigt, die letzteren Werte nach den ersteren zu korrigieren. Man kommt in der Tat bis auf γ_C und γ_D bei den Staurolithen von Aschaffenburg mit dieser kleinen Korrektur aus und muß hier auch nur auf 0.0004 und 0.0003 steigen, um das in sich geschlossene System von α, β, γ einerseits und 2 V andererseits zu erhalten, wie es in Tabelle VIII dargestellt ist und allen billigen Forderungen genügt.

TABELLE VIII. **Verbesserte Mittelwerte.**

		Brechungsexponenten St. Gotthard	Brechungsexponenten Petersdorf	Brechungsexponenten Aschaffenburg		Doppelbrechung St. Gotthard	Doppelbrechung Petersdorf	Doppelbrechung Aschaffenburg		Achsenwinkel 2 V über c = c berechnet aus α, β, γ St. Gotthard	Achsenwinkel 2 V über c = c berechnet aus α, β, γ Petersdorf	Achsenwinkel 2 V über c = c berechnet aus α, β, γ Aschaffenburg
B	α	1.7344	1.7386	1.7416	γ — α	0.0111	0.0117	0.0145				
C		1.7358	1.7401	1.7431		112	118	149				
D		1.7393	1.7438	1.7470		118	121	154				
E		1.7438	1.7485	1.7520		124	126	155				
F		1.7478	1.7525	1.7563		127	129	—				
G		1.7551	1.7599	1.7640		134	133	—				
B	β	1.7399	1.7442	1.7478	γ — β	0.0056	0.0061	0.0083	2 V über c = c	$89^0 45'$	$87^0 50'$	$82^0 2'$
C		1.7413	1.7457	1.7494		57	60	86		$89^0 15'$	$87^0 23'$	$81^0 29'$
D		1.7450	1.7495	1.7534		61	61	90		$88^0 21'$	$86^0 59'$	$80^0 39'$
E		1.7496	1.7543	1.7582		66	65	93		$86^0 36'$	$86^0 10'$	$78^0 50'$
F		1.7537	1.7584	1.7623		68	67	—		$86^0 15'$	$85^0 50'$	—
G		1.7613	1.7660	—		72	69	—		$86^0 3'$	$85^0 11'$	—
B	γ	1.7455	1.7503	1.7561	β — α	0.0055	0.0056	0.0062				
C		1.7470	1.7519	1.7580		55	58	63				
D		1.7511	1.7559	1.7624		57	60	64				
E		1.7562	1.7610	1.7675		58	61	62				
F		1.7605	1.7653	—		59	62	60				
G		1.7685	1.7733	—		62	64	—				

Man sieht also, daß das Vorkommen vom St. Gotthard die niedrigste, das von Aschaffenburg die höchste, und das von Petersdorf eine mittlere Lichtbrechung besitzt. Der wirkliche Winkel der optischen Achsen über c als spitzer Bisektrix weicht bei dem St. Gotthарder Staurolith nur unerheblich von 90⁰ ab, wird kleiner bei den Kristallen von Petersdorf und sinkt bei den Aschaffenburger Staurolithen auf etwa 80⁰ herab. Über die hiermit in Zusammenhang stehende Änderung der Doppelbrechung gibt ebenfalls Tabelle VIII Aufschluß. Die von Michel-Lévy und Lacroix angegebenen Brechungsexponenten (s. S. 17) am Staurolith vom St. Gotthard stimmen recht gut mit meinen Werten für die C-Linie überein; möglicherweise haben daher diese Autoren, wie schon S. 17 bemerkt, ihre Messungen in rotem Licht ausgeführt.

Spezifisches Gewicht der Staurolithe.

Die in der Literatur verzeichneten Angaben über das spezifische Gewicht des Stauroliths bewegen sich meist innerhalb der Werte 3.4 und 3.8. Genaue Bestimmungen wurden dadurch erschwert, daß reines Material nur in Pulverform gewonnen werden kann, und daß in früheren Zeiten das verhältnismäßig hohe spezifische Gewicht dieses Minerals die Anwendung der Suspensionsmethode ausschloß. Man war also auf die relativ unsichere Pyknometermethode angewiesen. Erst durch die Clericischen Flüssigkeiten (2) ist es möglich geworden, auch auf den Staurolith die Schwebemethode bequem zur Anwendung bringen zu können.

Das von mir verwendete Thallium-Formiat-Malonat habe ich nach Clericis Angaben selbst hergestellt und die dazu nötigen Ausgangsprodukte, Thalliumkarbonat, Ameisensäure und Malonsäure mit Unterstützung der Heidelberger Akademie der Wissenschaften von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen. Zur Gewinnung des Formiats wird das Thalliumkarbonat in einer Porzellanschale mit wenig Wasser angerührt und dazu unter Umrühren mit einem Glasstab die nötige Menge Säure tropfenweise zugegeben. Das entstehende Formiat $HCOOTl$ geht dabei in Lösung und wird durch Eindampfen auf dem Wasserbad getrocknet. Das Thalliummalonat $CH_2(COO)_2Tl_2$ wird entsprechend dargestellt, indem man wieder das schwer lösliche mit wenig Wasser angerührte Karbonat mit

der berechneten Menge Malonsäure, die in möglichst wenig Wasser aufgelöst ist, tropfenweise versetzt, und, nachdem alle Kohlensäure entwichen ist, das Umsetzungsprodukt auf dem Wasserbad zur Trockne eindampft. Dieses Eindampfen dauert besonders beim Malonat ziemlich lange. Für den Schmelzpunkt des Malonats gibt Clerici ca. 135° an; dieser Wert wird nach meinen Versuchen durch ganz geringe Spuren von Wasser, die nur schwer zu entfernen sind, beträchtlich und zwar bis unter die Temperatur des Wasserbades herabgedrückt.

Aus den fein pulverisierten Salzen wird nun die Clericische Lösung hergestellt, indem man Malonat und Formiat im Gewichtsverhältnis 1 : 1 innig miteinander mischt und eine kleine Menge Wasser zugibt. Das Wasser durchsetzt langsam die ganze Mischung, die dann flüssig wird, was man durch Umrühren mit einem Glasstab beschleunigen kann. Durch Verdünnen mit Wasser und Filtrieren kann die Lösung gereinigt und durch Eindampfen auf dem Wasserbad leicht wieder auf hohe Konzentration gebracht werden. Als Indikator verwendet man dabei zweckmäßig einen Korund. Mit der Westphalschen Wage wurde das spezifische Gewicht einer solchen auf dem Wasserbad konzentrierten Lösung zu 4.275 ermittelt. Ihre Lichtbrechung ist aber, verglichen mit der anderer schwerer Flüssigkeiten, verhältnismäßig niedrig. Eine Bestimmung mit dem Totalreflektometer ergab für Na-Licht 1.690. Die Lösung ist vor Salzsäuredämpfen zu schützen, da sich sonst auf ihrer Oberfläche störende Niederschläge bilden.

Der große Vorteil, den die gegenwärtig im Preise allerdings noch sehr hohe Clericische Lösung aufweist, besteht nächst ihrem hohen spezifischen Gewicht darin, daß sie in allen Verhältnissen mit Wasser verdünnbar ist, und daß sie auch bei der hohen Eigenschwere von 4.275 eine schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit darstellt, die erst bei ca. 10° zu Kristallausscheidungen neigt und dann im ganzen erstarrt, ohne daß jedoch dadurch ihr spezifisches Gewicht wesentlich verändert wird.

Das Material vom St. Gotthard ist das einzige, von dem einzelne Kriställchen oder wenigstens noch Bruchstücke mit kristallographischer Begrenzung so rein waren, daß sie unmittelbar zur Bestimmung des spezifischen Gewichts verwendet werden konnten. Alles übrige Material mußte vorher zerkleinert werden, um Körnchen von vollkommener Reinheit zu erhalten.

Bei 4 Kristallen des Stauroliths vom St. Gotthard fand ich, daß

alle 4 Kristalle schwimmen bei 3.768,
1 Kristall schwimmt, 3 schweben bei 3.760,
alle 4 Kristalle fallen bei . . . . 3.739.

Bei dem Petersdorfer Staurolith wurden aus 6 g gekörntem Material etwa 100 reine Körnchen von $\frac{1}{2}$ bis 1 mm Größe ausgesucht; alle anderen zeigten Durchwachsungen von Titaneisen. Die meisten von den mikroskopisch ausgesuchten Körnchen

schwimmen bei . . . 3.815,
schweben bei 3.768,
fallen bei . . . . . . 3.741.

Bei dem Staurolith von Aschaffenburg mußte man auf eine Korngröße von durchschnittlich $\frac{1}{4}$ mm heruntersteigen. Es wurden solche Körnchen dem zur Analyse bestimmten und gereinigten Material entnommen. Die meisten Körnchen

schwimmen bei . . . 3.828,
schweben bei 3.735,
fallen bei . . . . . . 3.690.

Bei der Zähigkeit der Flüssigkeit und der Kleinheit der Körner wird man vorsichtigerweise nicht gerade die mittleren Zahlen, bei denen ein großer Teil der Staurolithe zu schweben schien, für die richtigen halten, sondern die Mittelwerte der Grenzbestimmungen bilden und so für den Staurolith von

St. Gotthard . . . . 3.753 ± 0.015,
Petersdorf . . . . . 3.778 ± 0.037,
Aschaffenburg . . . 3.759 ± 0.069

annehmen, und ferner wird man auch diese drei Werte unter Berücksichtigung ihrer relativ großen Fehlergrenzen zu einem einzigen Mittelwert vereinigen können und dann sagen, daß die Staurolithe der obigen drei Fundorte das spezifische Gewicht

$$3.763 \pm 0.015$$

haben.

Zwei neue Staurolithanalysen.

Die Schwierigkeiten, die man bei der Aufstellung einer relativ einfachen Formel für den Staurolith findet, hängen wohl nicht zum kleinsten Teil mit der so häufigen Verunreinigung des Materials

zusammen. Unter den von mir untersuchten 8 Vorkommen war es, wie auch die mikroskopische Beschreibung oben S. 8—12 erkennen läßt, von vornherein ausgeschlossen, die Staurolithe von Petersdorf, Quimper, Varglefjeld, Fannin Co., Alpe Veglia und Kundrawin in brauchbarer Form zu isolieren; nur die Staurolithe vom St. Gotthard (Pizzo Forno) und von Aschaffenburg konnten als zur Analyse geeignet erkannt werden. Die St. Gotthard Kristalle von Pizzo Forno lieferten auch hier wieder das beste Material.

Zur Isolierung der reinen Körner wurde das Mineralpulver in einem hohen Trichterglas mit Jodmethylen behandelt, das durch Destillation im Vakuum zuvor auf das höchste spezifische Gewicht von 3.315 bei 20^0 gebracht worden war. Als Verunreinigungen kamen hier fast nur dichter Paragonit und der in seinem spezifischen Gewicht dem Staurolith benachbarte Cyanit in Betracht. Durch mehrfache Behandlung mit konzentriertem Jodmethylen und Abschöpfen der leichteren Glimmerflitterchen wurde die erste Reinigung erzielt. Nachfolgendes Aussuchen von kleinen Cyanitkörnchen und von sonstigen unwesentlichen Beimengungen unter dem Mikroskop führte zu einwandfreiem Material, das dann im Achatmörser staubfein pulverisiert und in dieser Form Herrn Prof. Dr. M. Dittrichs Nachfolger, Dr. M. Buchner, hier, zur Analyse übergeben wurde.

Erheblich größere Schwierigkeiten bereitete die Reinigung des Stauroliths von Aschaffenburg, von dem überhaupt noch keine Analyse bekannt ist. Auch hier wurde mit der Behandlung mit konzentriertem Jodmethylen begonnen, wobei etwa ein Drittel der Körner auf der Oberfläche schwamm und abgeschöpft wurde. Dieser Teil bestand fast ausschließlich aus Quarz, vermengt mit wenigen schmutzig- und dunkelgrün gefärbten Glimmerblättchen, sowie aus einzelnen Körnchen von Staurolith, die mit andern Mineralpartikelchen verwachsen waren. Die übrigen zu Boden gefallenen zwei Drittel bestanden schon zum größten Teil aus reiner Staurolithmasse, deren weitere Reinigung mit konzentrierter Clericischer Lösung, wie sie oben S. 28 beschrieben ist, erfolgte. Diese Operation wurde im Haradaschen Scheidetrichter vorgenommen. Hierbei fiel ein kleiner Teil der Körner zu Boden, während die meisten aus nahezu völlig reinem Staurolith bestehend an der Oberfläche blieben. Der kleine zu Boden gesunkene Teil setzte sich so gut wie ausschließlich aus dunklen Magnetitkörnchen

und rötlichen Granatkriställchen zusammen, die mit dem Elektromagneten leicht voneinander zu trennen waren. Der Granat konnte übrigens an seiner rhombendodekaëdrischen Begrenzung, die infolge der Kleinheit der Körner durch die Pulverisierung kaum gelitten hatte, sofort deutlich erkannt werden. Das auf der Clericischen Lösung vom spezifischen Gewicht 4.2 schwimmende Staurolithmaterial wurde mit dem Elektromagneten behandelt und von einer ganz geringen Anzahl von Staurolith-Magnetit-Verwachsungen befreit. Schließlich erfolgte die Entfernung einiger anderer undefinierbarer Verunreinigungen durch Aussuchen unter dem Mikroskop, so daß auch hier einwandfreies Material dem Analytiker übergeben werden konnte.

Die Analysen führten zu den in Kolonne 1 und 2 in Tabelle IX mitgeteilten Zahlen, die in Kolonne 3 und 4, nach Abzug des hygroskopischen Wassers auf 100 % umgerechnet sind.

TABELLE IX.

	1. St. Gotthard (Pizzo Forno)	2. Aschaffenburg	3. St. Gotthard (Pizzo Forno)	4. Aschaffenburg
SiO_2	28.08	27.68	28.19	27.66
TiO_2	0.73	0.77	0.73	0.77
Al_2O_3	51.90	53.37	52.11	53.32
Fe_2O_3	1.80	2.33	1.81	2.33
FeO	13.39	12.69	13.44	12.68
MnO	—	Spur	—	—
MgO	2.08	1.78	2.09	1.78
CaO	—	—	—	—
H_2O bis 110° .	0.11	0.13	—	—
H_2O 110°—1000°	1.62	1.46	1.63	1.46
	99.71	100.21	100.00	100.00

Man sieht, daß die beiden Staurolithe vom St. Gotthard und von Aschaffenburg fast die gleiche Zusammensetzung haben. Eine gesetzmäßige Beziehung zu dem physikalischen Verhalten, das ja auch bei beiden Vorkommen recht ähnlich ist, läßt sich nicht aufstellen, dafür sind die Unterschiede im Tonerde-, Eisen- und Magnesiagehalt zu gering. Dagegen lassen sich die Analysen sehr wohl dazu verwenden, um die für den Staurolith bisher aufgestellten chemischen Formeln zu revidieren und durch eine einfachere zu ersetzen.

Vereinigt man TiO_2 mit SiO_2, Fe_2O_3 mit Al_2O_3, und MgO mit FeO, und dividiert durch die entsprechenden Molekulargewichte, so erhält man folgende Molekularproportionen:

	Si	Al	Fe	H
St. Gotthard	1	2.19	0.50	0.38
Aschaffenburg	1	2.29	0.47	0.34

oder als Mittel für beide Vorkommen

1	2.24	0.49	0.36 ,

was auf die Formel

$$H_2O . 4FeO . 9Al_2O_3 . 8SiO_2$$

führt.

Vergleicht man diese Formel mit den von Coloriano (Bull. Soc. Chim. 44, 1885, 427), von Friedl (Zeitschr. f. Kristallogr. 10, 1885, 373) und von Groth (zuletzt Physikal. Kristallogr. 1905, 409) aufgestellten Formeln

H_2O $2FeO$ $6Al_2O_3$ $5SiO_2$ (Coloriano),
$2H_2O$ $6FeO$ $12Al_2O_3$ $11SiO_2$ (Friedl),
H_2O $2FeO$ $5Al_2O_3$ $4SiO_2$ (Groth),

so zeigt sie wohl die größte Ähnlichkeit mit der von Friedl, die man ja auch schreiben könnte

$$1^5/_{11} H_2O . 4^4/_{11} FeO . 8^8/_{11} Al_2O_3 . 8SiO_2 .$$

Die hier neu aufgestellte Formel für Staurolith hat aber den Vorzug des einfacheren Molekularverhältnisses 9 : 8 an Stelle von 12 : 11.

Anhang.

Wülfingsche automatische Schleifmaschine.

Die von Herrn Prof. Dr. Wülfing schon 1908 in Kiel konstruierte automatische Schleifmaschine erwies sich bei der Herstellung meiner orientierten Kristallpräparate von Staurolith als ein ebenso einfacher wie wertvoller Hilfsapparat. Derselbe ist zwar schon 1912 in einem Katalog der Firma R. Winkel in Göttingen abgebildet (Mikroskope für Mineralogie. Schneide- und Schleifmaschine. Zubehörapparate, Seite 19, 20), hat aber noch keine genauere Beschreibung und außerhalb des hiesigen Instituts auch keine Prüfung auf seine Gebrauchsfähigkeit erfahren. Ich habe mit dieser Maschine und mit dem bekannten Wülfingschen Schleifapparat zur Herstellung orientierter Schliffe an 100 Flächen von genau vorgeschriebener Lage hergestellt und möchte hier meine dabei gewonnenen Erfahrungen mitteilen.

Die ganze Vorrichtung setzt sich aus zwei Teilen zusammen: Dem Motor mit seinem Vorschaltwiderstand einerseits und der eigentlichen Schleifmaschine andererseits. Das Übersichtsbild Fig. 1 zeigt in etwa 8facher Verkleinerung den Motor A, seinen Lampenvorschaltwiderstand B, die Übersetzungsvorrichtung C, welche die hohe Tourenzahl des Elektromotors auf ein passendes Maß verringert, und die eigentliche Schleifanlage D, die in Fig. 2 noch einmal vergrößert abgebildet ist. Die ganze Apparatur ruht auf einem langgestreckten, erschütterungsfreien und allseitig zugänglichen Tisch. Eine Resonanz des Tisches infolge der Rotation des Motors ist dadurch vermieden worden, daß dieser durch verschiedene Zwischenlagen von dicken Filzplatten auf den Tisch aufgeschraubt ist. Die quadratische Grundplatte des Motors besitzt zwei in der Längsrichtung des Tisches verlaufende Rinnen, die eine Verschiebung gegen die Schleifmaschine ermöglichen, um so eine Spannung der Transmission ausführen zu können. Die

Befestigung geschieht durch Flügelmuttern. Auch die Übersetzungsvorrichtung mit der Schleifmaschine ist durch Schrauben mit Flügelmuttern auf der Tischplatte festgeschraubt und kann zum Überfluß ebenfalls in der Längsrichtung des Tisches verschoben werden.

Zum Antrieb dient ein kleiner Siemens-Schuckertscher Gleichstrom-Hauptmotor G. M. 2 von etwa $^1/_{40}$ PS., der direkt an die Lichtleitung von 220 Volt angeschlossen werden kann, und dessen Geschwindigkeit durch einen Widerstand von 4 parallel geschalteten Glühlampen mit den Kerzenstärken 10, 16, 16, 25, und einer Vorschaltungslampe mit der Kerzenstärke 32 passend zu variieren ist.

Der Motor hat eine maximale Tourenzahl von 4500 (von dem Fabrikanten war eine solche von 2200 angegeben). Zur Übersetzung auf eine brauchbare Rotationsgeschwindigkeit des Schleifdreifußes dienen 2 Schnurscheiben, wie sie in Fig. 1 mit S_1 und S_2 bezeichnet sind. Diese Schnurscheiben sind mit passenden Gabeln an den Trägern T_1 und T_2 befestigt. Die zu S_2 gehörige Gabel ist ein für allemal fixiert, während die Lage der anderen zu T_1 S_1 gehörenden Gabel mit Hilfe einer Doppelmuffe etwas verschoben werden kann, um ein Anspannen des Transmissionsriemens zwischen den beiden Schnurscheiben zu ermöglichen.

Nach meinen Erfahrungen erwies sich eine in den äußersten Fällen zwischen 150 und 300 Umdrehungen in der Minute schwankende Rotationsgeschwindigkeit des Schleifapparates als zweckmäßig. Bei der Begrenzung der Umdrehungsgeschwindigkeit nach oben war zu bedenken, daß dem sich bewegenden Schleifdreifuß unter keinen Umständen ein Kippmoment erteilt werden, daß er also nicht ins Wackeln kommen darf. Zur weiteren Regelung der Geschwindigkeit besitzt zwar der Motor noch eine dreifache Schnurscheibe mit Durchmessern von 20, 30 und 40 mm, indessen habe ich mich immer nur der kleinsten Schnurscheibe bedient und die Änderung in der Geschwindigkeit allein durch den Vorschaltwiderstand bewirkt. Die Übersetzungsvorrichtung besteht also aus den Schnurscheiben S_1 und S_2, von denen die erste 2 Rillen von 20 und 120 mm Durchmesser, die letztere nur eine Rille von 50 mm Durchmesser trägt. Mit diesen beiden Transmissionsrollen gelangen wir denn, bei Verwendung der 20 mm Schnurscheibe am Motor A auf eine 15mal kleinere Rotationsgeschwindigkeit. Bei der maximalen Tourenzahl des Motors von 4500 erreicht also das

Rad S_2 und damit auch der Schleifdreifuß 300 Touren in der Minute oder 5 Touren in der Sekunde. Diese Geschwindigkeit kommt einer solchen gleich, die man im Maximum noch mit der Hand erreichen kann.

Die eigentliche Schleifanlage ist mit den Transmissionsrollen auf einem teilweisen Doppelbrett montiert. Das Grundbrett besteht aus einem mit Füllung versehenen Holzrahmen, der rechts eine 2 cm starke Holzauflage trägt, in welcher die beiden Träger T_1 und T_2 fest eingeschraubt sind, während links die gläsernen Schleifplatten aufgelegt und beliebig ausgetauscht werden können. Diese Platten liegen zur vollkommeneren Ausnutzung ihrer fein matt und ganz eben geschliffenen Oberfläche so auf, daß eine Diagonale den Kanten des Grundbrettes parallel läuft. Bei dieser Anordnung gelingt es, eine solche sorgfältig geschliffene und daher immer ziemlich kostbare Glasplatte an fünf Stellen, an den vier Ecken und in der Mitte, zu gebrauchen. Zu beiden Seiten werden die Platten durch je eine starke Schraubenklammer aus Messing festgehalten, die mit passenden Zapfen ähnlich wie die Mikroskoptischklammern in entsprechende Löcher der Unterlage eingesteckt sind. Diese Schraubenklammern (k_1 und k_2 auf Fig. 1) lassen sich an drei verschiedenen Stellen zu beiden Seiten der Platten einsetzen und werden, wenn es erforderlich ist, durch Zwischenschaltung von Messinghülsen den Plattendicken angepaßt.

Auf der Glasplatte bewegt sich der WÜLFINGsche Schleifdreifuß in nahezu kreisförmiger Bahn, wobei jeder Teil ungefähr parallel sich selbst fortgeschoben wird. Diese Art der Bewegung gleicht also durchaus derjenigen, die man sonst mit der Hand auszuführen pflegt und die das Eigentümliche hat, daß jeder Punkt der anzuschleifenden Fläche in allen Richtungen gleichmäßig von dem Schleifpulver angegriffen wird. Vor allem ist hierbei vermieden, daß, wie bei einer rotierenden Scheibe, der Kristall nur in einer bestimmten Richtung graviert wird, oder daß, wie bei dem KÖNIGSBERGERschen Apparat (9), eine gewisse Unregelmäßigkeit in der Lage der anzuschleifenden Fläche gegen die Schleifrichtung eintritt. Die Übertragung dieser eigentümlichen Bewegung von der Schnurscheibe S_2 auf den Schleifdreifuß geschieht durch eine Gabel g und eine Kurbel K. Die Gabel trägt an ihren beiden linken Enden, von denen das vordere in Fig. 1 und 2 sichtbar ist, Stellschrauben s_1 und s_2, die auf der Glasplatte gleiten; rechts läuft die Gabel in eine auch mit g bezeichnete etwa 30 cm lange

Stange aus, die an ihrem rechten Ende bei h in einer Stopfbüchse gleitet. Diese ist um eine horizontale und um eine vertikale Achse drehbar. Etwa in der Mitte des Gabelbogens ragen nach oben zwei Stahlstifte heraus, von denen der eine in Fig. 2 bei st zu erkennen ist. Diese Stifte greifen etwas locker in passende Öffnungen (Öse und Schlitz) am Schleifdreifuß ein und lassen dadurch diesen die gleiche Bewegung wie die Gabel ausführen.

Da nun die Stellung des Schleifdreifußes gegen die Schleifplatte eine verschiedene ist, so muß sich die Führungsgabel diesem Wechsel anpassen. Zur Aufnahme der Führungsstifte st der Gabel trägt der Schleifdreifuß zwei Messingstreifen, von denen der eine (in der Figur nicht sichtbare) durchlocht ist und der andere in Fig. 2 bei st sichtbare einen Schlitz trägt. Die Metallstreifen können je nach der Lage des Schleifdreifußes auf der Schleifplatte gegen andere ausgetauscht werden. Im allgemeinen, d. h. bei nicht zu starker Schiefstellung des Schleifdreifußes, kommt man mit den Streifen aus, die wie in den Abbildungen die Fortsetzung der unteren Ebene des Schleifdreifußrahmens bilden. Für die richtige Bewegung des Schleifdreifußes ist seine Stellung zur Führungsgabel maßgebend. Die Metallstreifen mit Öse und Schlitz dürfen natürlich nicht höher liegen, als die Führungsstifte; sie dürfen aber auch nicht einseitig oder beiderseits auf die Führungsgabel aufstoßen. Eine kleine Höhenverschiebung dieser Stifte st kann durch die Stellschrauben s_1 und s_2 bewirkt werden.

Die Bewegung der Führungsgabel und damit des Schleifdreifußes erfolgt nun durch eine mit der Schnurscheibe S_2 achsial verbundene Kurbel K, deren durch einen Stahlmantel gehärtetes Ende in ein Loch l der Gabel eingreift, und die durch vertikale Verschiebung der Schleifplattendicke angepaßt wird. Auch kann man bei einer dünneren Schleifplatte diese durch passende Unterlagen so heben, daß sie einige Millimeter unter dem Kurbelende liegt. So wirken also die beiden Schnurscheiben S_1 und S_2 sowie die Kurbel K der zweiten Schnurscheibe und die Führungsgabel g mit ihren Stiften st alle zusammen, um dem Schleifdreifuß eine ganz bestimmte Bewegung zu geben, die aber doch wieder zwanglos von statten geht und eine relativ lockere Bewegung des Schleifdreifußes über der Schleifplatte gestattet, damit dieser immer mit seinem Kristall und seinen beiden Schrauben s_3 und s_4 auf dieser Schleifplatte ruht.

Kleine Unvollkommenheiten in dem Gang dieser Bewegung, wie sie durch die Art der verhältnismäßig lockeren Verbindung zwischen Führungsgabel und Dreifuß verursacht werden, sind hier zugunsten der Einfachheit der Konstruktion beibehalten worden. Die Bahn der Bewegung ist nicht genau kreisförmig und daher auch die Geschwindigkeit des Kristalls nicht in allen Teilen der Bahn genau dieselbe. Die Bewegung geschieht sogar stellenweise etwas ruckförmig, was mit der Breite des Schlitzes am Dreifuß gegenüber der Dicke des Stiftes st an der Gabel zusammenhängt. Indessen sind diese Unvollkommenheiten so gering, daß sie sich nicht störend bemerkbar gemacht haben.

Das Abnehmen des Dreifußes von dem Bewegungsmechanismus und das Einsetzen geschieht auf die denkbar einfachste Weise, weil hierzu nur Öse und Schlitz über die frei nach oben ragenden Stifte zu stecken sind. Diese Trennung und Verbindung muß in der Tat möglichst einfach sein, um sich von dem Fortschritt des Schleifprozesses in jedem Stadium überzeugen zu können, und um auch mit Hilfe der bekannten zum Wülfingschen Schleifapparat gehörenden horizontalen Konsole zu prüfen, ob eine etwaige Änderung in der Lage des Dreifußes und damit der Fläche am Kristall eingetreten ist.

Der zur Maschine gehörige Schleifdreifuß ist ein leicht gebauter Apparat. Er wiegt etwa 70 g, während ein größerer gewöhnlicher Handapparat doppelt so schwer ist. Es ist daher schon aus diesem Grunde wie überhaupt in den meisten Fällen vorteilhaft, ihn zu belasten. Dies geschieht durch kleine bis zu etwa 100 g schwere Bleigewichte, die dreiseitig prismatisch gegossen sind, sodaß sie allseitig anpassend in den Dreifußrahmen hineingelegt werden können. Fig. 2 zeigt einen Dreifuß mit Belastung und bei b ein einzelnes Bleigewicht.

Der Schleifdreifuß bewegt sich nur mit dem Kristall in dem Schleifpulver, während seine beiden Stellschrauben s_3 und s_4 ebenso wie die Schrauben s_1 und s_2 der Führungsgabel in Vaselin auf der Glasplatte gleiten. Das Vaselin, das in Fig. 2 wulstförmig hervortritt, muß von Zeit zu Zeit in die Gleitbahn hineingestrichen werden und jedenfalls so beschaffen sein, daß es von den Gleitfüßen selbst leicht mitgenommen wird. Auf den gefetteten Stellen wird die Glasplatte so gut wie gar nicht angegriffen, während unter dem Kristall durch den Schleifprozeß im Laufe der Zeit eine ganz flache Rinne entsteht. Um diese ringförmige flache Vertiefung

möglichst allseitig auf der Glasplatte zu verteilen, nimmt man von Zeit zu Zeit eine geringe Verschiebung dieser Glasplatte vor, ohne dabei die Bewegung der Maschine zu unterbrechen. Es bedarf nur einer geringen Erfahrung, um zu wissen, wann solche Verschiebungen vorzunehmen sind, und wie lange die Maschine in Betrieb sein muß, um einen gewissen Teil eines Präparats herunterzuschleifen.

Die Verwendung der Maschine erstreckt sich vorzugsweise auf das Abschleifen und Polieren schon orientierter Kristallflächen. Die Orientierung selbst, bei der man ja zweckmäßig mit kleinsten in wenigen Minuten hergestellten Fehlerflächen arbeitet, kann ohne nennenswerten Zeitverlust auf die gewöhnliche Weise mit Handführung erreicht werden. Gerade das Herunterschleifen der Kristallmasse, das zuweilen sehr viel mehr Zeit erfordert und bei Handbetrieb nur zu oft und zum Schaden des ganzen Präparates durch gröberes Pulver zu beschleunigen versucht wird, kann äußerst zweckmäßig mit einer solchen sicheren und stetig arbeitenden Maschine erfolgen. Das Abschleifen eines Präparates mit der Maschine erweist sich daher besonders dann vorteilhaft, wenn, wie es bei meinen Präparaten vielfach zutraf, der Orientierung wegen größere Teile der Kristallmasse nicht mit der Schneidemaschine entfernt werden konnten.

Als Schleifmittel benutzte ich fast ausschließlich Carborundum, und zwar Korngrößen, die im Handel unter der Bezeichnung „30 Minuten“ und „60 Minuten“ gehen, das entspricht Körnern von 25 bis 50 μ, bzw. 10 bis 30 μ Durchmesser. Durch die Tätigkeit der Maschine schleift sich das Pulver, das mit etwas Wasser in einer Ecke der Platte angerührt wird, schnell feiner, sodaß es dann zuweilen auch gleich als Poliermittel wirkt, besonders wenn sehr kleine Mengen verwendet werden.

Ganz besonders zweckmäßig erweist sich die Maschine beim Polieren. Dieser bei etwas größeren Flächen für den Handbetrieb zuweilen recht langwierige Prozeß gestaltet sich hier äußerst einfach. Als Poliermittel habe ich fast durchweg Diamantine benutzt, wie es von A. Guyot-Lupold in Chez-le-Bart (Neuchâtel), Schweiz, hergestellt wird. Weiße geschlämmte Tonerde, die von P. F. Dujardin in Düsseldorf zum Polieren von Metallplatten empfohlen wird, wurde in einigen Fällen versuchsweise verwendet, bewährte sich aber bei Kristallschliffen nur als Zusatz zu Diamantine, da sie allein zu langsam arbeitet. Beim Übergang zum Po-

lieren muß das untere Ende der Kurbel K von etwa anhaftendem Schleifpulver sorgfältig gereinigt werden. Wenn der Kristall auf einer mit genügend Wasser und Diamantine versehenen Stelle der Platte aufgesetzt ist, darf die Maschine ruhig sich selbst überlassen bleiben. Denn erfahrungsgemäß macht das Polieren einer Kristallfläche, auch wenn es länger fortgesetzt wird, als nötig ist, an ihrer Orientierung verschwindend wenig aus. So wurde die Maschine zum Polieren im einzelnen Fall gewöhnlich $1/2$ bis $3/4$ Stunden öfter aber auch 1 bis 2 Stunden in Tätigkeit gelassen. Die Resultate waren durchweg ausgezeichnet. Es seien einige Beispiele hier angeführt. Eine Fläche (010) des Stauroliths von Pizzo Forno von der Größe $4 \times 3 = 12\ mm^2$ wurde in 45 Minuten mit einer Belastung von 85 g und einer Geschwindigkeit von 185 bis 190 poliert und lieferte einen ausgezeichneten in jeder Hinsicht einheitlichen Reflex. Die entsprechende Fläche des Aschaffenburger Vorkommens wurde bei einer Größe von $4 \times 6 = 24\ mm^2$ eine Stunde lang mit der gleichen Belastung wie oben und mit der Geschwindigkeit 240 poliert und lieferte einen Reflex von gleicher Güte. Auffallend ist die hohe Geschwindigkeit, die zum Polieren verwendet werden kann (die übrigens auf geradlinige Bewegung übertragen nur etwa $1/3$ m in der Sekunde beträgt). Auch in allen Fällen, wo das Kristallmaterial Quarz- oder Cyaniteinschlüsse enthielt, die sich erst im Laufe des Schleifprozesses verrieten, oder wo die Kleinheit des Präparates im Interesse der Scharfkantigkeit des Prismas das Mitpolieren einer Glasunterfläche verlangte, waren mit der Maschine in jeder Hinsicht befriedigende Resultate zu erhalten.

In all den Fällen, wo es sich, wie bei meinen Kristallen, um stark absorbierendes Material handelt und wo also auf eine besonders gute Ausführung der Politur und auf Scharfkantigkeit der Prismen zu achten ist, wird das Arbeiten mit der Wülfingschen Schleifmaschine für den Mineralogen eine große Erleichterung darbieten. Ihre Einfachheit wird ihr den Vorzug wohl vor allen anderen für ähnliche Zwecke konstruierten Vorrichtungen geben.

Es sei schließlich noch darauf hingewiesen, daß zur schnellen Erzeugung ebener Polituren auch vollkommen ebene und fein matt geschliffene Glasplatten erforderlich sind; hierauf muß ganz besondere Rücksicht genommen werden, wie das Wülfing auch schon früher betont hat (15). Im Heidelberger Institut werden

seit Jahren 2 bis 3 cm dicke quadratische Spiegelglastafeln von 15 cm Seite verwendet, deren Oberflächen durch gegenseitiges Aufeinanderschleifen von je zwei Platten vollkommen eben hergestellt werden. Die bei diesem Schleifprozeß nach unten gelegte Platte wird auf einem schweren Holzbrett auf ebener Unterlage zwischen Rahmen mittelst Holzkeilen sorgfältig gelagert und dann mit grobem Carborundum Nr. 80 mit Wasser angerührt mit der andern Platte geschliffen. Das Pulver ist durch den Schleifprozeß bald genügend zerkleinert, um den Platten einen samtartigen Schimmer zu geben. Die Bewegung der oberen Platte auf der unteren darf nicht kreisend erfolgen, weil sonst immer mehr oder weniger sphärische, also in der Mitte vertiefte oder erhöhte Flächen entstehen. Vielmehr muß die Bewegung geradlinig von vorne nach hinten und von rechts nach links und zwar in fortwährendem Wechsel dieser Bewegungsrichtung erfolgen. Bei neuen Spiegelglasplatten ist ein gutes Resultat bald erreicht, bei schon gebrauchten und verdorbenen Platten aber ist es eine zuweilen recht mühsame Arbeit, die viel Kraft erfordert. Die Prüfung des ebenen Charakters der fein matt geschliffenen Platten geschieht nicht etwa durch ein noch so feines Stahllineal, sondern durch ein Sphärometer. Vertiefungen und Erhöhungen bis 6 μ bei einem Abstand des Sphärometermittelfußes von den Randfüßen von 45 mm können vernachlässigt werden. Übrigens gelingt es gar nicht selten, die Ebenheit bis auf wenige Tausendstel Millimeter zu treiben. Man überzeugt sich von der Einstellung der Spitze des Mittelfußes des Sphärometers in die Ebene der Spitzen der drei andern Füße, indem man nicht etwa nach der Angabe mancher physikalischer Anleitungen diese Einstellung nach dem Gefühl der Hand zu beurteilen versucht; vielmehr erkennt man das Aufstoßen des Mittelfußes und damit das Ruhen des Sphärometers auf quasi vier Füßen an seiner leichteren Drehbarkeit. Solange das Sphärometer auf den drei Außenfüßen ruht, ist es auf der Glasplatte relativ fest gelagert und auch drehend nicht leicht zu verschieben; sobald aber der Mittelfuß nur 2 bis 3 μ „aufstößt", gelingt die Drehung plötzlich viel leichter, oder es ist auch alsbald ein Wackeln des Vierfußes zu konstatieren. Dieses fortwährende Bewegen des Sphärometers auf der matten Glastafel hat bei häufigerer Benutzung ein geringes Abschleifen der Stahlspitzenfüße zur Folge. Man muß daher die Nullpunktlage des Mittelfußes, bei der also dessen Spitze

genau in die Ebene der andern fällt, auf einem gut ebenen Spiegelglas, wie es den Sphärometern beigegeben zu werden pflegt, immer wieder von neuem feststellen. Das anfangs recht mühsame Herrichten guter Schleifplatten wird reichlich durch die Erfolge bei der Herstellung ebener Polituren aufgewogen.

Heidelberg im August 1915.

Lebenslauf.

Am 23. Januar 1889 wurde ich, Friedrich Hörner, in Malsch bei Wiesloch als Sohn des Bäckermeisters Karl Friedrich Hörner und seiner Ehefrau Katharina geb. Weidner geboren. Ich bin katholischen Bekenntnisses und badischer Staatsangehörigkeit. Nach dem frühzeitigen Tod meines Vaters siedelte meine Mutter nach Heidelberg über, wo ich von Herbst 1899 ab das Gymnasium besuchte und dort im Herbst 1908 die Reifeprüfung bestand. Darauf widmete ich mich an der Universität Heidelberg dem Studium der Naturwissenschaften und Mathematik. Im Frühjahr 1913 bestand ich in Karlsruhe die Staatsprüfung für das höhere Lehrfach und legte dann an der Realschule in Wiesloch das Probejahr ab, nach dessen Beendigung ich in den badischen höheren Schuldienst übernommen wurde und in Wiesloch als Volontär an der Schule blieb. Nach Kriegsausbruch stellte ich mich am 28. August 1914 zum Heeresdienst im Reserve-Infanterie-Regiment Nr. 239 und stehe seit 12. Oktober im Felde. Am 22. März wurde ich zum Leutnant d. R. befördert.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren Bredig, Bütschli, Cantor, Curtius, Driesch, Franzen, Glück, Jannasch, Klebs, Knoevenagel, Königsberger, Lenard, Salomon, Schmid, Tischler, Trautz, Troeltsch, Wülfing.

Ihnen allen, besonders aber meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. A. Wülfing, fühle ich mich zu größtem und dauerndem Dank verpflichtet, den ich auch an dieser Stelle zum Ausdruck bringen möchte.

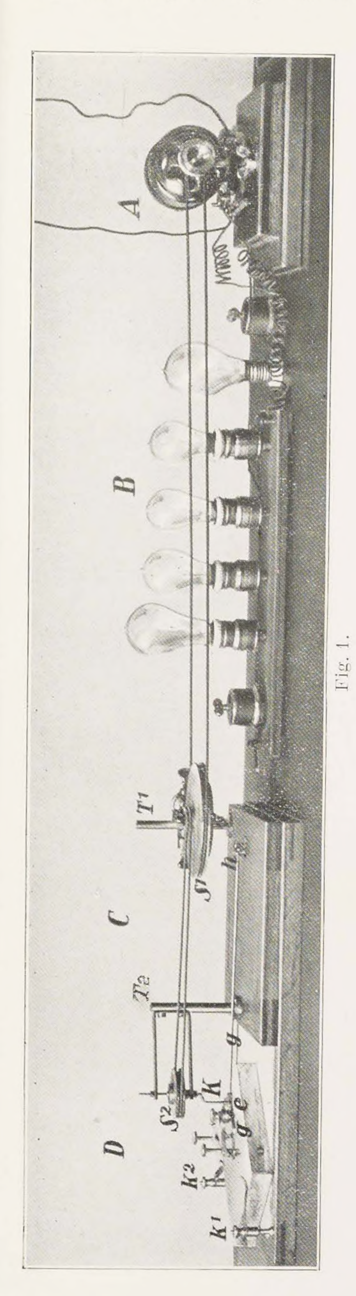


Fig. 1.

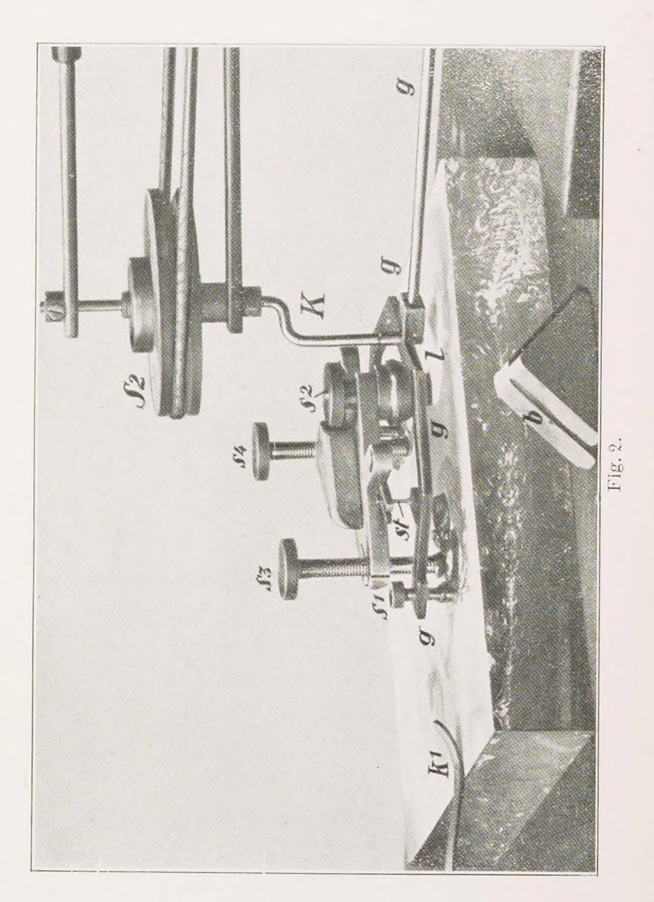


Fig. 2.

Inaugural-Dissertation Heidelberg 1915.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg